

実データを基にした交通流シミュレーションによる高速道路上の突発事象マネジメントの評価

中田 諒¹・安田 昌平¹・井料 隆雅²・朝倉 康夫³

¹学生員 神戸大学大学院 工学研究科 (〒657-8501 神戸市灘区六甲台町1-1)

E-mail: nakata@stu.kobe-u.ac.jp

²正会員 神戸大学大学院教授 工学研究科 (〒657-8501 神戸市灘区六甲台町1-1)

E-mail: iryo@kobe-u.ac.jp

³正会員 東京工業大学大学院教授 理工学研究科 (〒152-8552 東京都目黒区大岡山2-11-2)

E-mail: asakura@plan.cv.titech.ac.jp

高速道路において突発事象が発生した際の交通運用を適正に行い交通流に与える影響を小さくするには、過去の突発事象とそれに伴う交通制御の影響を評価し、さらにその場合に異なる交通運用を行った場合にどのような効果が発生するかを正確に分析する方法論の確立が求められる。本研究では、阪神高速3号神戸線および並行する主要一般道路を交通シミュレーション上で実装し、推計されたランプ間OD交通量といくつかの分析対象日で発生した実際の突発事象によって減少したリンク容量を入力することにより、過去の突発事象に対して交通運用方策の効果を評価するシステムを構築した。このシステムは突発事象によって実際に発生した渋滞をおおむね再現できることが確認された。さらに、現行の交通運用施策を一切行わなかったときの混雑状況と、現況再現による混雑状況を比較した。その結果、現行の交通運用施策が高速道路の混雑を緩和するために一定の効果を持っていることと、複数回の乗り降りがある程度まで促進することも効果があることがわかった。

Key Words : policy evaluation, traffic control, incident congestion, real dataset based simulation

1. はじめに

高速道路をより安全かつ安心なものとするためには、高速道路上での交通運用をより適正なものとするのが欠かせない。事故・故障車・緊急作業等の突発的な事象が高速道路上の交通流に与える影響を最小限に抑えるためには、突発事象が交通流に及ぼす影響をできるだけ緩和し、著しい渋滞や二次的な事故等の発生を未然に防ぐような交通運用を行う必要がある。このための方策には各種のものがあ、一部はすでに実務で使用されている (eg. 入口閉鎖、強制流出、情報提供)。高速道路において突発事象が発生した際の交通運用を適正に行い交通流に与える影響を小さくするには、過去の突発事象とそれに伴う交通運用の影響を評価し、さらにその場合に異なる交通運用を行った場合にどのような効果が発生するかを正確に分析する方法論の確立が求められる。突発事象時の交通運用の多くは利用者の経路選択行動 (eg. 高速道路を利用するか、どの入口から流入するか) をランプ閉鎖などの直接的な方法、あるいは情報提供のような

間接的な方法で変え、それによって交通状況を改善することを目指している。経路選択行動に関する実証研究は多くある^{1,2,3)}が、特定の高速道路の路線において、突発事象に対する交通運用がどのような交通状況の変化をもたらしたかを知るためには、その路線で蓄積された交通流データを分析することが最も確実であろう。交通流データとしては伝統的には車両検知器による単一断面データのみが利用可能であったが、単一断面のデータは利用者行動分析に向いているとは必ずしもいえず、また、大量の蓄積データの活用のための技術も近年までは発達していなかった。しかし最近では、ETCの利用率の向上とデータベースシステムの充実に伴い、ETC-ODデータを利用した精緻な需要変動分析 (入口・出口間のOD需要変動) が可能となっている。

本研究は、突発事象時の交通運用方策 (情報提供と流入制御、流出推奨等) を評価する方法論を提案しそれを実際の突発事象の例に適用することを目的とする。

突発事象の交通運用方策を評価するには、その前提条件として、どのような利用者行動の特徴があるかを知る

ことが望ましい。ETC-ODデータを活用した既存研究として、Iryo et al.⁴⁾は高速道路（特に、分析対象の路線とした阪神高速3号神戸線上路方向）を利用するドライバーについて、通常の渋滞および突発事象に対して以下に示す利用者行動の特性があることを明らかにしている：

1. 高速道路の旅行時間が長くなるにつれ、高速道路を選択するドライバーの数は減る。その減少率は旅行時間1分の増加につきおおむね1%程度である。
2. 入口閉鎖に伴って、下流の入口から流入することを選択するドライバーが相当数いる（このことは、特に突発事象時には、1. のみで利用者行動を説明できないことも意味する）。その際の代替の入口選択については、おおむね実際の交通状況を反映した合理的なものとなっているようである。

本研究で行う交通運用方策の提案と評価のためには、これらの利用者行動の性質を考慮した上でその評価システムを構築しなくてはならない。具体的には

1. 評価システムにおいては、高速道路と並行する一般道路を迂回するドライバーがいることを明示的に考慮すること。
2. 高速道路の潜在的な利用者数（ランプ間OD交通量）を与える際には、ETC-OD交通量から推測される実績値をそのまま用いるのではなく、実績値を遅れ時間により補正した値を用いることがより妥当であること。

の2点を考慮する必要がある。この2点を考慮した評価システムとして、本研究では、分析対象道路である阪神高速3号神戸線上路方向の最上流部から西宮付近までの区間、および、並行する主要一般道路を交通シミュレーションAIMSUN上で実装することにより「突発事象シミュ

レーションシステム」を構築する。実装したシミュレーションにETC-OD交通量から推計したランプ間OD交通量、および、いくつかの分析対象日で発生した実際の突発事象によって減少したリンク容量を車両検知器データおよび突発事象に関する道路管理者の記録を基に計算の上入力する。この交通シミュレーション上で、提案する交通運用方策にあわせて経路選択モデルのパラメータなど諸条件を適宜設定することにより、その方策がどのように突発事象による交通渋滞を緩和するかを確認することを本研究の目的とする。

2. 分析対象

本節では、本研究の分析対象とする高速道路と分析に必要なデータの特性、さらに分析対象とする日について述べる。

(1) 分析対象とする高速道路とその区間

本研究では、分析対象区間として、阪神高速3号神戸線上路方向（東行き）の月見山入口から西宮JCT下流部分までの区間（全長約25km）を選定した。図-1に対象区間の地図を、表-1に対象区間の概要を示す。対象区間内には入口が9箇所、出口が7箇所整備されており、並行して国道2号線および国道43号線（区間の東側）が走っているために、利用者は道路状況に応じてこれらの道路を選択できる。交通情報は各入口および沿道で電光掲示板によって提供されており、利用者はそれを参考にルート変更が可能となっている。

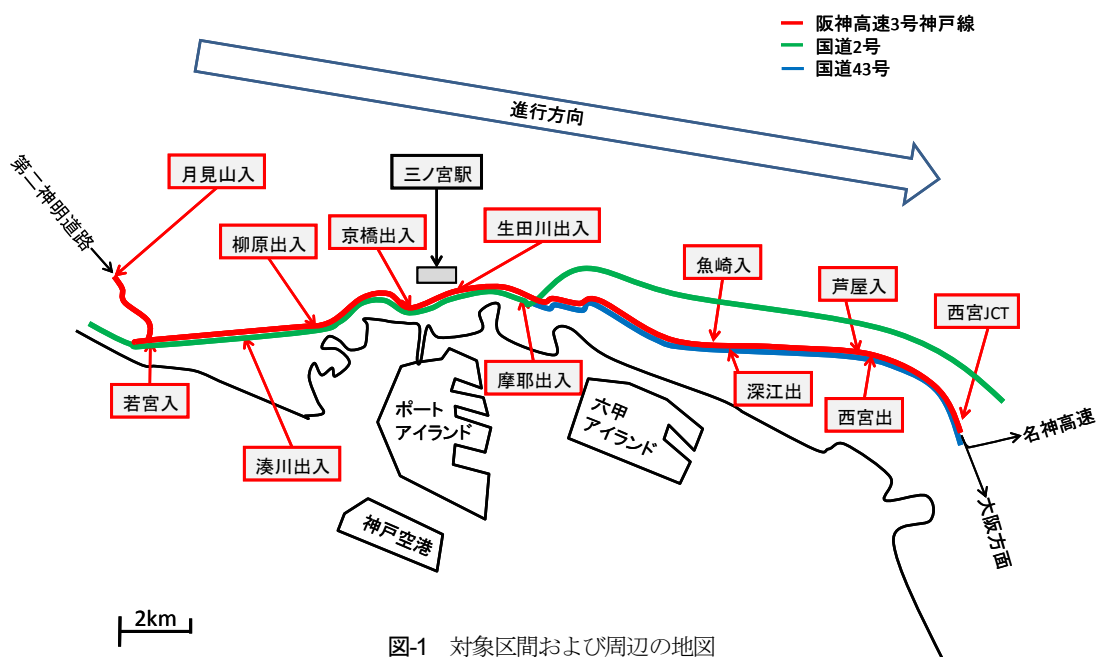


図-1 対象区間および周辺の地図

表-1 対象区間の概要

道路管理者	阪神高速道路株式会社
名称, 区間, 距離	3号神戸線 上り方向 月見山から西宮JCTまで 約25km
区間内の入口	9箇所（上流から月見山, 若宮, 湊川（JCTを含む）, 柳原, 京橋, 生田川, 摩耶, 魚崎, 芦屋）
区間内の出口	7箇所（上流から湊川, 柳原, 京橋, 生田川, 摩耶, 深江, 西宮, 西宮JCT）
利用データ	- ETC-ODデータ（集計された交通量と旅行時間とID情報は含まない） - 障害日報（管理者による突発事象の記録データ） - 車両検知器による速度データ - 平成22年度道路交通センサデータ⁵ - 数値地図（OpenStreetMap Japan⁶）

(2) 分析に用いるデータ

対象区間を含む阪神高速道路では全ての出入口でETCが利用でき、それにより取得されたETC-ODデータが蓄積されている。加えて、車両検知器による交通流データも蓄積されている。ETCの利用率は2010年4月時点で85%程度（阪神高速道路全路線）であり、ETC-ODデータが全体の利用状況を代表する状況である。そのため、ETC-ODデータに対して一定の倍率をかける（本研究では1.2倍とした）ことにより、現金利用を含めた全車のランプ間OD交通量を比較的精度よく推定できるといえる。本稿で「ランプ間OD交通量」という言葉を用いたときは、上述の方法でETC-ODデータから推計した全車両の交通量を指すものとする。なお、本研究では、ETC-ODデータのうち、1時間ごとの集計交通量、および各時間帯（1時間おき、あるいは既存研究⁷の方法による10分～数10分の幅を持つ時間帯）に流入した複数の車両の旅行時間の中央値の2つのみを用いた。

本研究では、本線上に約500m間隔で設置された車両検知器によって取得される交通量および速度データも用いている。データは5分単位で集計されている。速度データは直接計測されたものではなくオキュパンシと平均車長から推測された値である。交通量については、原則1ノーズ間に1カ所ある、全車線に車両検知器を設置した地点のデータのみを用いている。あわせて、管理者が記録した突発事象のログデータを突発事象の特定のために参照している。

併走する一般道路の情報については、平成22年度道路交通センサデータ⁵を用いた。シミュレーション構築用の数値地図については、OpenStreetMap Japan⁶の提供するものを用いた。

(3) 当該区間の交通状況

図-2に月見山入口から西宮出口までの平日の所要時間の平均的な変動を示す。この図から、当該区間は日常的



図-2 月見山入口から西宮出口までの平日の平均所要時間

表-2 分析対象日

4月	5日（火）、12日（火）
5月	20日（金）、30日（月）
6月	3日（金）、13日（月）、15（水）

に旅行時間の遅れが発生しており、突発事象による交通容量の低下が遅れ時間を大きく増大させていることが推測できる。このことは当該区間が分析対象として適していることを示している。

(4) 分析対象とする日とその時間帯

本研究では、分析対象路線で発生した突発事象の個々のケースについて精査して分析するために、2009年7月1日～2011年6月30日までの平日から、祝日、年末年始（12月29日～1月3日）、集中工事による通行止めがあった2010年11月9日～2010年11月16日を除いた479日間から、比較的目立った突発事象があった7日間を選んで分析対象日（突発事象発生日）とした。この7日間以外に、潜在的な（突発事象や渋滞がなかったとしたときの）ランプ間OD交通量を推定するために、別に12日間の分析対象日（平常日）を選んでいる。表-2にそれぞれの分析対象日をカレンダーで示す。季節変動、周辺の新規路線、料金制度変更の影響を除くために、分析対象日は2011年4月～6月の期間中から集中的に選択した。

深夜早朝は交通量が少なくその変動を分析することが難しく、また、交通量が少なくと突発事象が交通流にもたらす影響も少ない。よって、本研究では分析時間帯を7時～19時（18時台まで）に限定した。

3. 突発事象シミュレーションシステムの構築と現況再現性の検証

(1) 突発事象シミュレーションシステムの構築

本節では、突発事象シミュレーションシステムの構築の方法について述べる。突発事象シミュレーションシステムは以下の要素をミクロ交通シミュレーターAIMSUNに実装する事により構築される。

1. 高速道路ネットワーク
2. 一般道路ネットワーク
3. 突発事象実績データ
4. ランプ間OD交通量（実績あるいは潜在），および一般道路用OD交通量
5. 経路選択モデル

1. は，対象路線である阪神高速3号神戸線の上り方向の須磨集約から西宮ジャンクションの25km程度下流までの区間から成り立つ．2. は，対象路線周辺の主要街路ネットワーク（国道2号線，43号線など）からなる．これらのネットワークをすべてAIMSUN上に組み込むことによりシミュレーション用のネットワークを構築する．

図-3にこのネットワークの幾何構造を示す．各リンクの諸元について，高速道路については，基本的な値として容量を2200台/時，臨界密度を24台/km，最大密度を125台/kmとしている．対象路線上にはサグなど本線上のボトルネックの存在も知られているが，本研究では自然渋滞の再現性について重視していないのでこれらに対するチューニングは行っていない．一般道路については，平成22年度道路交通センサス⁹⁾における旅行速度調査の結果を用いて自由流旅行時間を定めた．車線数や幾何構造については，OpenStreetMap Japanによる数値地図⁹⁾に基づいて設定している．

3. の突発事象実績データとは，分析対象日の「いつ」「どこで」突発事象が発生し，その結果どれだけ交通容量が低下したかを示すものである．このデータは，車両検知器により観測された5分間交通量と障害日報の両方を用いて作成する．まず，障害日報により突発事象が発生した場所と時刻を同定する．その場所の直近に設置された車両検知器が観測した交通量をその突発事象によって実現した交通容量とみなす．このとき，車両検知器により観測された速度が低下した時間帯も特定し，それを突発事象が実際に発生した時間とする．この交通容量をシミュレーション上で実現する際には，発生地点の車線を2車線のうち1車線閉鎖することと，閉鎖されなかった車線の交通容量を減らすことの双方を行っている．上記で決定した突発事象実績データは，現況再現性を向上できるように必要に応じてチューニングする．

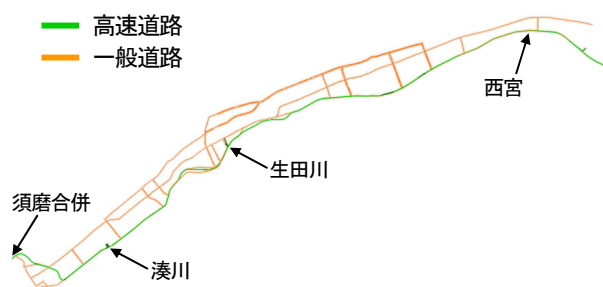


図-3 交通シミュレーションネットワークの幾何構造

4. のランプ間OD交通量のうち，実績ランプ間OD交通量としては，ETC-ODデータから算出されたETC車だけのランプ間OD交通量の値に，1.2（利用率83%に相当）を掛けたものを用いた．ランプ間OD交通量は1時間を幅とする時間帯OD交通量として，分析対象路線を通過するすべてのランプ間ODについて与えられる．分析対象路線の外部を起点または（および）終点とするODについてもすべてランプ間OD交通量を与える．潜在ランプ間OD交通量は，「仮に，高速道路上に渋滞がないときに発生するだろうランプ間OD交通量」を指す．もちろん，現実のランプ間OD交通量は高速道路上で実際に発生した渋滞の影響を受けているので，実績ランプ間OD交通量をそのまま潜在ランプ間OD交通量として用いることはできない．本研究では，以下の方法で潜在ランプ間OD交通量を曜日ごとに推定した．

Step1. 分析対象日（突発事象発生日）の前後の日のうち，目立った突発事象が発生していないことが確認できた日として，分析対象日（平常日）を選ぶ．分析対象日（平常日）は，水曜日を除く平日から各3日間ずつ選ばれている．

Step2. 分析対象日（平常日）の実績ランプ間OD交通量を計算する．

Step3. Step2.の交通量を，実績旅行時間（各時間帯においてETC-ODデータで測られた各通行車両の旅行時間の中央値）の遅れ時間を t としたときに， $0.99t$ (0.99 の t 乗) で割る．ただし，

- 交通量が15台未満の場合はこの補正を行わない（旅行時間の中央値が安定しないため）．
- 実績旅行時間の遅れ時間 t は，実績旅行時間から自由流旅行時間を引いた値．ただし20分を超えた場合は20分とする．
- 自由流旅行時間としては，2009年7月1日～2011年6月30日までの全日の6時～21時までの旅行時間（1時間ごとの中央値）の最頻値を用いる．
- 旅行時間は普通車と大型車別々に計算し，上記の補正についても車種別に行う．

Step4. Step1.～Step3.の手順で計算されたランプ間OD交通量の曜日平均を潜在ランプ間OD交通量とする．

以上の方法は，既存研究⁹⁾で，分析対象区間でのランプ間OD交通量は旅行時間1分につき1%程度減少するという知見を応用したものである．なお，突発事象が発生した日を上記の計算で用いなかったのは，突発事象が発生した日にはランプ閉鎖も同時に行われていることがほとんどであるが，そのような場合に交通量の（0台への）低下を「旅行時間1分につき1%程度減少」で示すことは不適切であるからである．図-4～7に実績／潜在ランプ間OD交通量の時間経過の概要を示す．

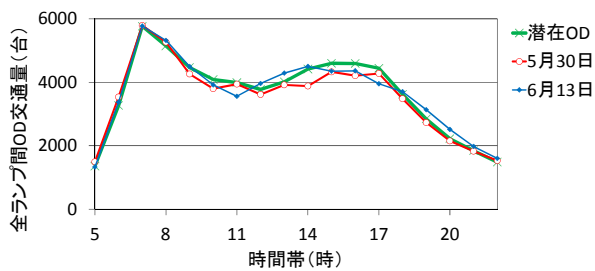


図-4 ランプ間OD交通量（月曜日）の時間変動

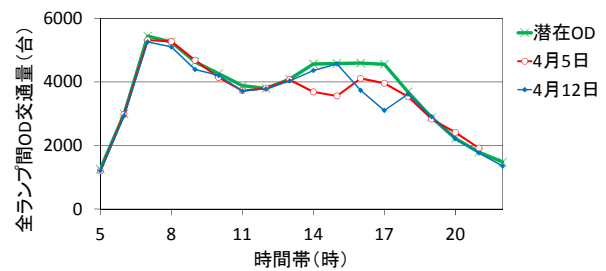


図-5 ランプ間OD交通量（火曜日）の時間変動

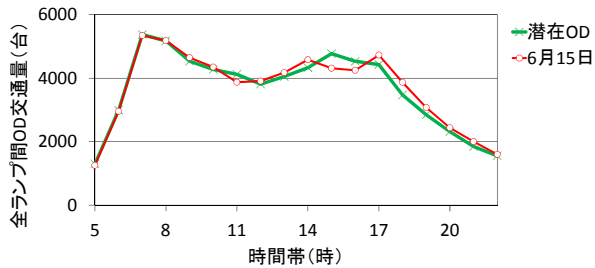


図-6 ランプ間OD交通量（水曜日）の時間変動

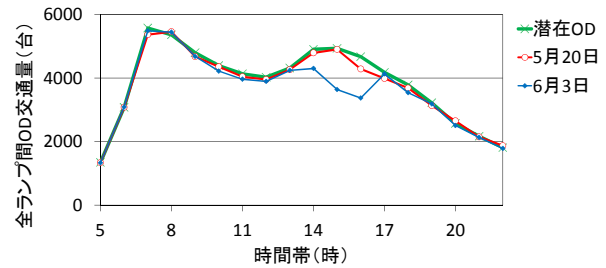


図-7 ランプ間OD交通量（金曜日）の時間変動

分析対象日（突発事象発生日）の実績ランプ間OD交通量と、分析対象日（平常日）の潜在ランプ間OD交通量を比較すると、おおむね、午前中はいずれも一致する一方で、午後は前者が日により異なり、おおむね後（潜在ランプ間交通量）より少ない交通量となっていることがわかる。これは、実績ランプ間OD交通量が突発事象によりランプ閉鎖や遅れ時間の増加に伴うドライバーの一般道路への経路変更の影響を受けていることを示唆している。

一般道路のOD交通量については、本研究では、「現状で一般道路のみを用いる車両が高速道路を改めて用いる可能性は、上記の潜在ランプ間OD交通量で補正された量をのぞけば、ない」という仮定のもと、特に実態に応じた値になるような推計は行わなかった。ただし、迂回路である一般道路の混雑をある程度再現することを目指し、平成22年度道路交通センサス⁹⁾における断面交通量を参考として主要交差点間をODとする交通をシミュレーション内に加えている。5.の経路選択モデルとしては「経路固定型」「経路可変型」の2つを用いる。経路固定型では、ランプ間OD交通量（実績ないしは潜在）を全量（ランプ間OD交通量で示されるODのままに）高速道路へ配分する。経路固定型を採用して交通シミュレーションを実行した際の結果は、

- 実績ランプ間OD交通量を配分すれば現況再現
- 潜在ランプ間OD交通量を配分すれば、仮に、既存の交通運用方策が全く適用されていないとき（情報提供もランプ閉鎖もないとき）の予測を意味することに注意したい。

経路可変型では、交通シミュレーションAIMSUNに実装されている経路選択モデルを用いる。この経路選択モデルは瞬間旅行時間によって計算された一般化交通費用（旅行時間＋通行料金相当の時間）を持つ経路へ交通量を配分するようになっている。配分はロジットモデルにより確率的に行われる。経路選択肢は1分ごとに計算された最短経路が順次追加され、最大6個まで記憶される。この経路選択モデルで指定するパラメータは以下の3つである。

- 瞬間旅行時間の更新頻度（1分に設定）
- ロジットモデルの分散パラメータ（1/(分)に設定）
- 通行料金相当となる追加所要時間

3番目の追加所要時間は各オンランプに設定する。本研究では均一料金制を想定している。しかし、この方法が正確な通行料金の反映とは必ずしもならない。なぜなら、本研究で設定するランプ間OD交通量には、「すでに通行料金を支払った上で高速道路を使用することを選択した車両」しか含まれておらず、これらの車両の時間価値はランプペアによってかなり異なることが予想できるからである（たとえば、直近のランプペアであれば、1～2分程度の短縮に数百円の価値を見いだしている車両しかいない一方で、長い距離であれば、数十分程度の短縮でないとその価値がない車両も含まれる）。このことは、同一のオンランプのリンクへの追加リンクコスト設定は、そこから流入してどこで流出するかによってその金銭としての効果が異なることを意味する。結果の解釈においてはこの点に注意する必要がある。

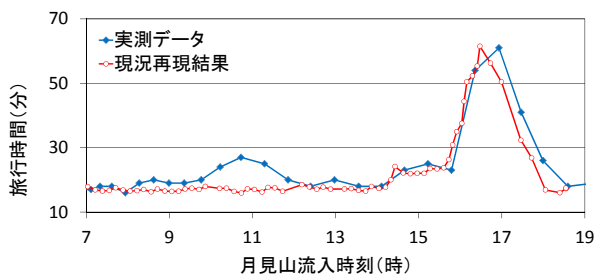


図-8 月見山ー西宮の旅行時間 (4月12日 (火))

(2) 突発事象シミュレーションシステムの現況再現性の検証

(1) に示した手順で構築した突発事象シミュレーションシステムが現況をどれだけ再現するかを検証する。検証の際には、経路選択モデルとして「経路固定型」を用い、分析対象日 (突発事象発生日) の実績ランプ間OD交通量および対応する日の突発事象実績データを与えた際に交通シミュレーションが出力する「旅行時間」および「高速道路部分の速度コンター」が実測値とどれだけ類似しているかを見ることとする。旅行時間の実測値には、月見山から西宮出口までETC-ODデータより観測された旅行時間 (既存研究⁴⁾ で用いたものと同じ) を、速度コンターの観測値には、車両検知器で観測された5分間平均速度を用いた。

現況再現性の確認のために、速度コンターおよび旅行時間のシミュレーションおよび実測値を比較した。図-8にその一例として4月12日 (火) の月見山ー西宮の旅行時間を示す。旅行時間は19時までに終点ランプに到着した車両についてのみ示している。シミュレーションの現況再現性は、いずれの分析対象日においてもある程度は担保されていた。ただし、シミュレーションでは特に自然渋滞に関わる渋滞の再現性が悪かった。これは、本システムでは自然渋滞の再現性を高めるためのチューニングを行っていないことが原因である。本研究の目的から考えればこの問題は必ずしも大きい問題にはならない。

4. 現在実施中の交通運用方策の効果の評価

潜在ランプ間OD交通量をすべて高速道路を利用する経路へ配分することにより、現行の交通運用方策の効果を評価する。潜在ランプ間OD交通量 (図-4~7の「潜在OD」) とは、仮にその日に突発事象および渋滞 (自然渋滞も含む) が発生しなかった場合にどれだけのランプ間OD交通量が実現するかを推定した量である。このランプ間OD交通量を、混雑による経路選択を無効とした (全量が起点から終点まで高速道路に配分する) 突発事象による容量低下を組み込んだ交通シミュレーションに投入すれば、仮にランプ閉鎖や情報提供による他経路へ

の誘導がなかった場合に高速道路の混雑がどれだけ激しくなるかを推定することができる。これを3 (2) で示した現況再現と比較することにより、今現在実施されている交通運用方策の効果を、個々の突発事象の事例に対して定量的に見積もることができる。

潜在ランプ間OD交通量により計算された旅行時間を図-9~15のグラフに示す。旅行時間は19時までに終点ランプに到着した車両についてのみ示している。これらの結果を見れば、図-15に示す6月15日 (水) 以外では現行の交通運用方策に一定の効果があることが確認できる、この理由として、当該日には、他の日と異なり目立ったランプ閉鎖運用がなかったことが挙げられる。これは、突発事象渋滞の緩和にランプ閉鎖が有効であったことを示唆する結果といえる。

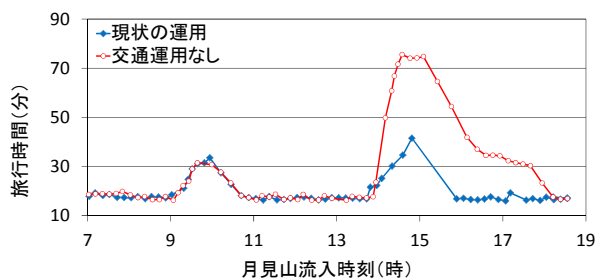


図-9 月見山ー西宮の旅行時間 (4月5日 (火))

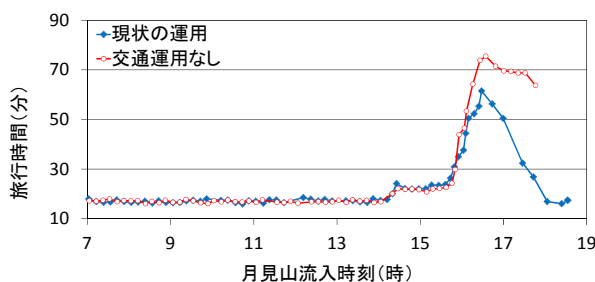


図-10 月見山ー西宮の旅行時間 (4月12日 (火))

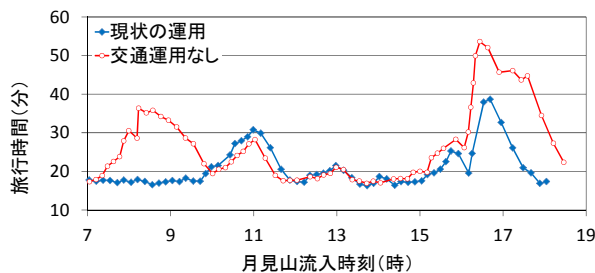


図-11 月見山ー西宮の旅行時間 (5月20日 (金))

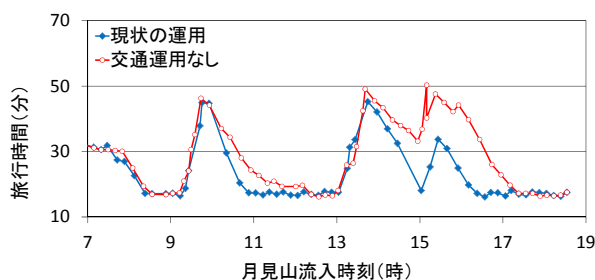


図-12 月見山ー西宮の旅行時間 (5月30日 (月))

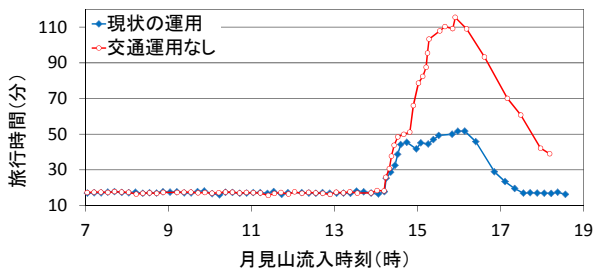


図-13 月見山ー西宮の旅行時間（6月3日（金））

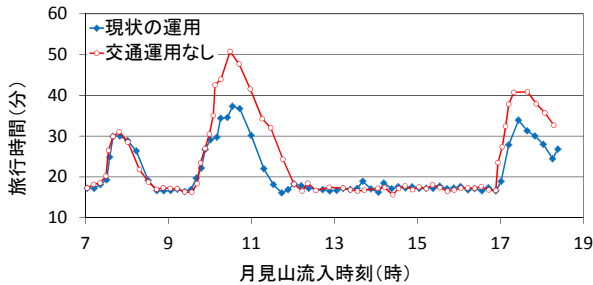


図-14 月見山ー西宮の旅行時間（6月13日（月））

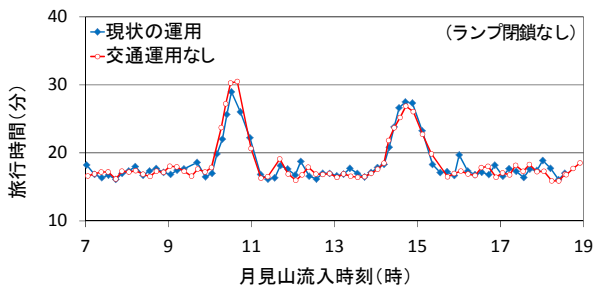


図-15 月見山ー西宮の旅行時間（6月15日（水））

5. 自主的な迂回を促進させることの効果

4節で示した結果は、突発事象による高速道路上での混雑を緩和させるためには現在実施されている突発事象時のランプ閉鎖が相当の効果を有していることを示唆している。ランプ閉鎖は流入交通量を確実に抑制するため信頼性が高い運用手段であるが、高速道路利用者が経路を自由に選択できなくなるという欠点もある。

本節では、ドライバーが自主的に経路を選ぶという前提であるときに考えられる交通運用方策として、高速道路を複数回乗り降りした際の通行料金を割引する方策を2パターン考えてその効果を評価する。分析対象道路は分析対象日においては均一料金制（1回の利用につき500円、ただし、西宮より下流で高速道路に乗る車両については200円）が適用されている。この料金について調整を行い、利用者が高速道路と一般道路を乗り降りして使い分けことが促進された際、混雑がどのようになるかを突発事象シミュレーションシステムで検証する。

2パターンのうち1つは、高速道路を複数回乗り降りしても追加料金がかからないケースである。このケースでは、潜在ランプ間OD交通量を用い、経路選択モデルを

有効として車両をネットワークに配分する。オンランプの追加リンクコストはすべて0とする。ここで、追加リンクコストが0であっても、高速道路を無料としたことと同一にならないことに注意したい。潜在ランプ間OD交通量には通行料金を支払うことを選択したドライバーの車両しか含まれないため、リンクコスト0が乗り降りを繰り返すことによる料金の「増加」を0円にしたにすぎない。

もう1つのパターンは、高速道路の乗り降りを繰り返すごとに一定の追加費用がかかるケースである。追加費用として、分析対象ネットワークのすべてのオンランプ（本線料金所は含まない）に5分の追加コストを、さらに、一般道から西宮JCT以降へ向かう車両が通るリンクに2分の追加コストを付加した。これらの追加コストは、時間価値が3,000円／時間であれば、それぞれ250円と100円（実際に適用される料金の半額）に相当する。なお、本ケースにおいては、これらの追加コストは初回に高速道路を使用する場合にも付加される。これにより短距離のランプ間の利用は特に強く抑制される一方、長距離ランプ間の利用はあまり抑制されないことになる。ランプ間OD交通量には潜在ランプ間OD交通量を用いる。

これら2パターンはいずれも同じ潜在ランプ間OD交通量を前提としているため、一般道を利用した車両を含めた全車両のOD旅行時間の平均値を比較することにより、高速道路ユーザに対する混雑緩和効果を評価することができる。4節の交通運用なしのケースを含めてこの平均旅行時間を算出したものを表-3に示す。旅行時間は19時までに目的地に到着した車両のもののみ考慮した。

この表を見れば、複数回の乗り降りを完全に無料で許容するよりは、ある程度抑制したほうが混雑がむしろ緩和する傾向があることがわかる。図-16に4月5日（火）の速度コンターを例として示す。これから、出口付近での細かい渋滞の延伸の発生が、「料金あり」にすることによりいくらか緩和される傾向が見て取れる。以上の結果は、「複数回の乗り降りによる突発事象渋滞からの回避をある程度まで利用者に促すことにより、ランプ閉鎖と同様の突発事象の渋滞緩和効果が得られる可能性がある。ただし、それを過剰に促すと、出口での渋滞により迂回の効果が減衰する」ことを示唆しているといえよう。

表-3 全車両の旅行時間の平均値（分／台）

	4/5 (火)	4/12 (火)	5/20 (金)	5/30 (月)	6/3 (金)	6/13 (月)	6/15 (水)
運用なし	21.3	18.8	17.9	20.0	27.0	16.7	13.1
料金なし 経路変更	17.2	16.1	16.5	23.2	21.1	17.8	14.4
料金あり 経路変更	15.0	15.7	14.6	17.4	18.9	14.5	13.0

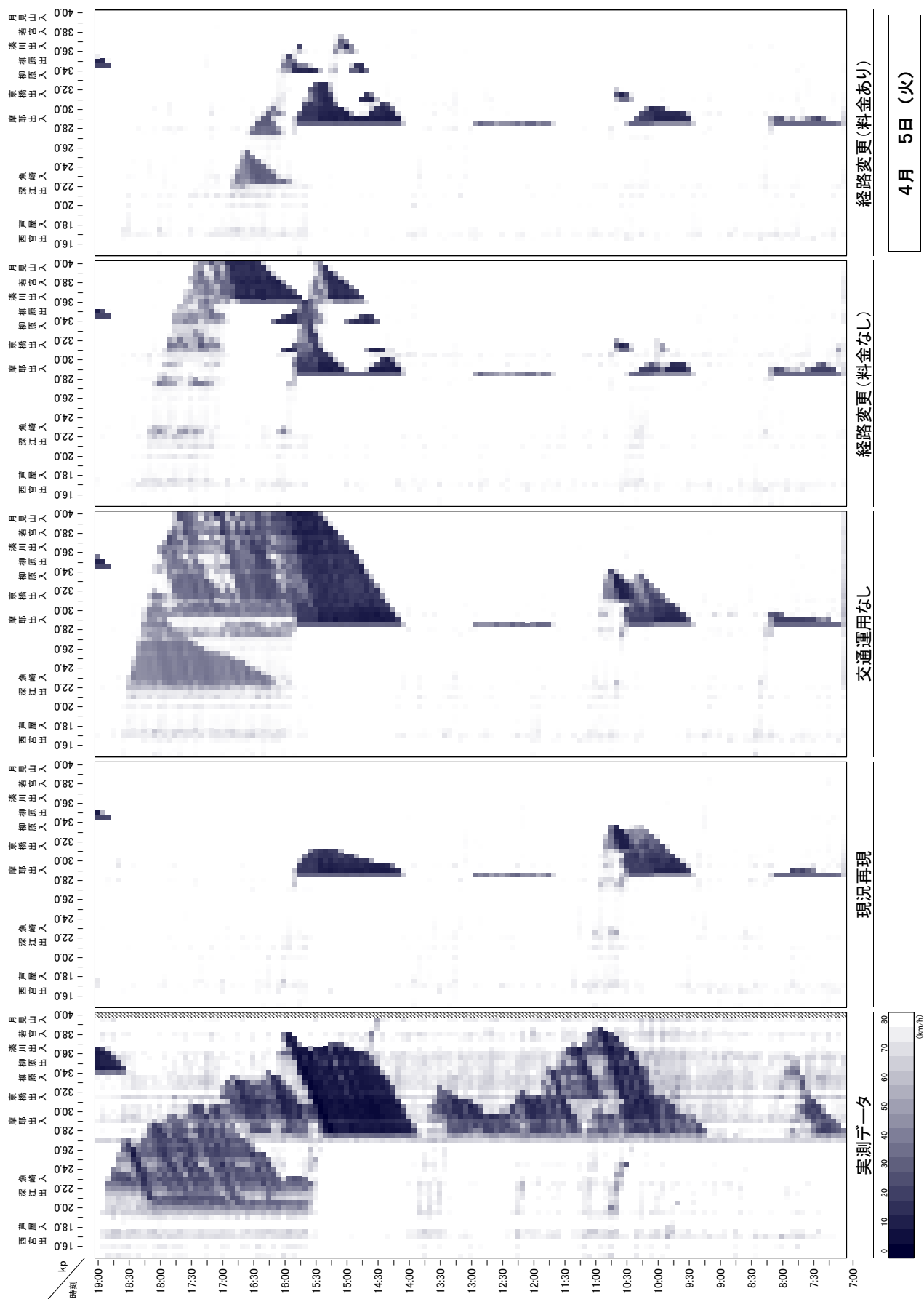


図-16 速度コンター（4月5日（火））

7. まとめと今後の課題

本研究では、ETC-ODデータを用いて、突発事象時の交通運用方策（情報提供と流入制御、流出推奨等）を評価するシステムを提案した。この突発事象シミュレーションシステムを用いて、現行の交通運用施策（ランプ閉鎖および情報提供による経路変更の促進）を一切行わなかったときの混雑状況と、現況再現による混雑状況を比較した。これにより以下の2つの知見を得た。

1. 現行の交通運用施策が、少なくとも高速道路の混雑を緩和するために一定の効果を持っていることが確認できた。
2. 現行とは異なる交通運用方策として、高速道路を複数回出入りしても料金が同じか、あるいは2回目以降の追加料金が安くなる施策を評価した。その結果、これらの提案施策は一定の混雑緩和効果を持つこと、一方で、過剰な出入りを許容すると、出口渋滞によってその効果が減衰してしまうことがわかった。

最後に今後の課題を述べる。本研究で提案した突発事象シミュレーションシステムは、潜在的には相当の推定精度を持つことと思われるが、それを実現するためには、少なくとも出口および一般道路の交通容量をできるだけ正しく設定する必要がある。ランプ間OD交通量については現行の者でも一定の精度があると思われるが、より多くのデータを集約することで精度が向上することが見込まれる。経路選択モデルについても改良の余地がある。これらの要素を改良していくことにより、上記で提案した交通運用方策を実際の道路で適用するための技術的基盤を十分整えることが可能になるであろう。

謝辞：本研究で利用したETC-ODデータは阪神高速道路株式会社様よりご提供をいただいたものである。本研究は高速道路関連社会貢献協議会助成金の援助により実施された。この場を借りて感謝の意を表する。

参考文献

- 1) Wardman, M., Bonsall, P. W., & Shires, J. D.: Driver response to variable message signs: a stated preference investigation, *Transportation Research Part C*, 5(6), 389-405, 1997.
- 2) Chatterjee, K., Hounsell, N. B., Firmin, P. E., & Bonsall, P. W.: Driver response to variable message sign information in London, *Transportation Research Part C*, 10(2), 149-169, 2002.
- 3) 羽藤英二, 谷口正明, 杉恵頼寧, 桑原雅夫, 森田緯之: 複数交通情報リソース下における情報獲得・参照行動を考慮した経路選択モデル, 土木学会論文集, 597/IV-40, 99-111, 1998.
- 4) Iryo, T., Ueda, H., Ozasa, K., and Asakura, Y.: Empirical Analysis of Demand Fluctuation Caused by Incidental Congestion, *Proceedings of the 5th International Symposium on Transportation Network Reliability*, pp. 991-1010, 2012.
- 5) 国土交通省道路局: 平成 22 年度 全国道路・街路交通情勢調査 (道路交通センサス) 一般交通量調査 集計表, 2011.
<http://www.mlit.go.jp/road/census/h22-1/index.html>
- 6) OpenStreetMap Japan, <http://openstreetmap.jp/>
- 7) 上田大樹, 井料隆雅, 朝倉康夫: ETC 統計データを用いた旅行時間がランプ間 OD 交通量に与える影響の実証分析, 土木計画学研究・講演集, Vol.46, CD-ROM (7 pages), 2012.
- 8) 上田大樹, 井料隆雅, 朝倉康夫: 都市高速道路のランプ間 OD 交通量に旅行時間が与える影響の実証分析, 第 31 回交通工学研究発表会論文集, CD-ROM (5 pages), 2011.

(2013.5.6 受付)

EVALUATION OF TRAFFIC CONTROL MANAGEMENT FOR INCIDENT ON EXPRESSWAY BY USING REAL DATASET BASED SIMULATION

Ryo NAKATA, Shohei YASUDA, Takamasa IRYO and Yasuo ASAKURA

Planning an effective traffic control against incidents is important to improve the service level of expressways. We build a traffic simulation system that can reproduce a traffic flow when an incident on expressways occurs to evaluate traffic control strategies for mitigating congestion caused by incidents. The system includes a network including major arterial roads, ramp-to-ramp origin-destination demand data, and data including actual incident sites, timings, and capacities. The system is applied to the inbound direction of the Kobe line in the Hanshin Expressway network. We confirmed that the system can roughly reproduce actual queueing delay caused by incidents. Then, we quantitatively assessed the effects of current traffic controls for incidents and evaluated the effects of hypothetical control strategies. We found that the current control is effective and the controls encouraging frequent on-off traffic for detour may make control ineffective.